

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-210906

(43)Date of publication of application : 01.09.1988

(51)Int.Cl. G02B 13/18
G02B 9/02
G02B 13/00

(21)Application number : 62-044934

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 27.02.1987

(72)Inventor : YAMAZAKI SHOICHI

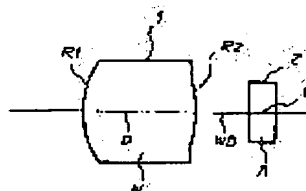
(54) OBJECTIVE LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce performance deterioration due to an axis deviation between surfaces and the eccentricity of a lens carrier which are caused in lens machining by satisfying specific conditions as to the focal length, on-axis thickness, refractive index and the radii of curvature nearby the peaks of 1st and 2nd surfaces of a lens.

CONSTITUTION: A both-surface aspherical objective lens consisting of an aspherical surface with positive refractive power as its 1st surface and an aspherical surface with positive refracting power as its 2nd surface in order from a light source side satisfies inequalities $1/W \leq F$, where F is the focal length of the lens, D the on-axis thickness, N the refractive index, and R_1 and R_2 the radii of curvature nearby the peaks of the 1st and 2nd surfaces. Consequently, this lens is used suitably as an infinite system objective lens for an optical disk, etc., and high power of $\beta = -0.231$ in image forming power, a large diameter of $NA=0.45W$ in numerical aperture on a disk side, and optical performance close to the diffraction limit within a range of about $\pm 0.3W$ are obtained.

$$\begin{aligned} 0.91 \leq R_1 / F &\leq 0.97 & J \\ -1.55 \leq R_2 / F &\leq -1.25 & K \\ 1.10 \leq D / F &\leq 1.55 & L \\ 1.55 \leq N &\leq 1.85 & M \end{aligned}$$



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-210906

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)9月1日

G 02 B 13/18
9/02
13/00

8106-2H
7529-2H
8106-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 対物レンズ

⑯ 特 願 昭62-44934

⑰ 出 願 昭62(1987)2月27日

⑱ 発 明 者 山 崎 章 市 神奈川県川崎市高津区下野毛770番地 キャノン株式会社
玉川事業所内

⑲ 出 願 人 キャノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

⑳ 代 理 人 弁理士 丸 島 儀 一

明 細 書

1. 発明の名称

対物レンズ

2. 特許請求の範囲

(1) 光源側より順に第1面が正の屈折力を有する非球面、第2面が正の屈折力を有する非球面から成る両面非球面の対物レンズであって、該レンズの焦点距離をF、軸上肉厚をD、屈折率をN、前記第1面と第2面の頂点近傍の曲率半径を夫々 R_1 、 R_2 とする時、

$$(1) \quad 0.91 \leq R_1 / F \leq 0.97$$

$$(2) \quad -1.55 \leq R_2 / F \leq -1.25$$

$$(3) \quad 1.10 \leq D / F \leq 1.55$$

$$(4) \quad 1.65 \leq N \leq 1.85$$

なる条件を満足することを特徴とする対物レンズ。

(2) 前記レンズの第 ν 面の曲率半径 R_ν ($\nu=1, 2$) で決められる球面と前記レンズの第 ν 面の有効径の10割、7割、5割に於ける非球面との光軸方向の差を、夫々 $\Delta_\nu(10)$ 、 $\Delta_\nu(7)$ 、 $\Delta_\nu(5)$ とする時、以下の条件(5)～(10)を満足する

ことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の対物レンズ。

但し、 $\Delta_\nu(10)$ 、 $\Delta_\nu(7)$ 、 $\Delta_\nu(5)$ の値は、光軸から径周辺方向へ向うに従い前記非球面の曲率が弱くなる方向を正とする。

$$(5) \quad 0.0120 \leq \Delta_1(10) / F \leq 0.0210$$

$$(6) \quad 0.0020 \leq \Delta_1(7) / F \leq 0.0050$$

$$(7) \quad 0.0006 \leq \Delta_1(5) / F \leq 0.0011$$

$$(8) \quad 0.0060 \leq \Delta_2(10) / F \leq 0.0110$$

$$(9) \quad 0.0010 \leq \Delta_2(7) / F \leq 0.0035$$

$$(10) \quad 0.0003 \leq \Delta_2(5) / F \leq 0.0010$$

3. 発明の詳細な説明

〔技術分野〕

本発明は、ビデオ及びオーディオディスク、光ディスクや光カード等の光メモリ装置の記録や再生に用いられる対物レンズに関する。

特に、本発明は有限系として使用する時に極めて高い性能を発揮する大口徑、高性能の対物レンズに関する。

〔従来技術〕

従来の光学的情報記録／再生装置として、半導体レーザから光をコリメータレンズにより平行光束に変換し、この平行光束を対物レンズで記録面上に集光し、情報の記録再生、自動合焦及びトラッキング制御を行うものがある。

上記対物レンズは所謂無限系として使用されるレンズで、この種の対物レンズの設計例は多々ある。

しかしながら、この様な無限系を構成する場合、必ずコリメータレンズを使用する為、光学系全体を小さくすることは困難であり、且つコリメータレンズの分のコストもかかる。

一方、コリメータレンズを使用することなく、半導体レーザからの光を直接対物レンズで記録面上に集光する、所謂有限系の光学系の設計例も幾つかある。

この様に対物レンズを有限系として使用すれば、光学系全体を小型化させ、低価格化を図ることが出来るが、有限系の倍率を上げて光学系全体を

レンズは、光源側より順に第1面が正の屈折力を有する非球面、第2面が正の屈折力を有する非球面から成る両面非球面の対物レンズであって、該レンズの焦点距離をF、軸上肉厚をD、屈折率をN、前記第1面と第2面の頂点近傍の曲率半径を夫々 R_1 、 R_2 とする時、

$$(1) \quad 0.91 \leq R_1 / F \leq 0.97$$

$$(2) \quad -1.55 \leq R_2 / F \leq -1.25$$

$$(3) \quad 1.10 \leq D / F \leq 1.55$$

$$(4) \quad 1.65 \leq N \leq 1.85$$

なる条件を満足することを特徴とする。

又、本発明の更なる形態は、上記(1)～(4)の条件を満足する対物レンズであって、

前記レンズの第 ν 面の曲率半径 R_ν ($\nu=1, 2$)で決められる球面と前記レンズの第 ν 面の有効径の10割、7割、5割に於ける非球面との光軸方向の差を、夫々 $\Delta_\nu(10)$ 、 $\Delta_\nu(7)$ 、 $\Delta_\nu(5)$ とする時、以下の条件(5)～(10)を満足することにより、更に高い性能を得ている。

但し、 $\Delta_\nu(10)$ 、 $\Delta_\nu(7)$ 、 $\Delta_\nu(5)$ の値

小さくしようとする収差補正が困難になる。

通常、レンズ枚数を減少させつつ良好な収差補正を行う為に、レンズの屈折面を非球面とすることが行われ、この種の対物レンズに於いても収差補正の為に非球面を導入することが知られている。

しかしながら、この種の非球面对物レンズは、加工及び設置条件が厳しく、レンズ加工時の面と面の平行偏心や傾き偏心による軸ずれ、組立て時の偏心等によりレンズ性能が著しく低下していた。

〔発明の概要〕

本発明は、上述の問題点に鑑みなされたもので、レンズ加工時に生じる面と面の軸ずれやレンズ単体の偏心に伴う性能劣化を極めて小さくした非球面对物レンズを提供することを目的としている。

又、本発明の更なる目的は、軸上及び軸外の収差が良好に補正された大口径の有限系対物レンズを提供することにある。

上記目的を達成する為に、本発明に係る対物

は、光軸から径周辺方向へ向うに従い前記非球面の曲率が弱くなる方向を正とする。

$$(5) \quad 0.0120 \leq \Delta_1, (10) / F \leq 0.0210$$

$$(6) \quad 0.0020 \leq \Delta_1, (7) / F \leq 0.0050$$

$$(7) \quad 0.0006 \leq \Delta_1, (5) / F \leq 0.0011$$

$$(8) \quad 0.0060 \leq \Delta_2, (10) / F \leq 0.0110$$

$$(9) \quad 0.0010 \leq \Delta_2, (7) / F \leq 0.0035$$

$$(10) \quad 0.0003 \leq \Delta_2, (5) / F \leq 0.0010$$

本発明の対物レンズは、上述の如き特徴を有することにより、光ディスク等の有限系対物レンズとして好適に使用出来、結像倍率 $\beta = -0.231$ と高倍率で、ディスク側の開口数 $NA = 0.45 \sim 0.50$ と大口径で、且つ $\phi 0.3 \sim 0.4 \text{ mm}$ 程度の範囲内で回折限界に近い光学性能を得ることが可能な対物レンズを提供出来る。

又、この対物レンズは、レンズ加工時の面と面の軸ずれやレンズ単体の偏心による性能劣化の敏感度を極めて小さく抑えたものであり、光学性能の向上はもちろんの事、量産性に富み製造コストの低価格化を図ることが出来た。

以下、本発明の特徴を実施例にもとづき詳述する。尚、本発明の更なる特徴も下記実施例により自ら明らかになるであろう。

〔実施例〕

本発明に係る対物レンズの具体的実施例を示す前に、本発明の主たる特徴を成す上記条件(1)～(10)に関して詳述する。

条件(1)は本対物レンズの第1面の曲率半径に関する条件で、条件(1)の下限値を越えると球面収差が補正不足となり、曲率が大きくなる為にレンズ加工に於ける周辺部の非球面加工が困難になる。一方、条件(1)の上限値を越えると球面収差が補正過剰となり好ましくない。

条件(2)は本対物レンズの第2面の曲率半径に関する条件で、条件(2)の下限値を越えると非点収差が悪化し、条件(2)の上限値を越えるとコマ収差が残存し補正出来ない。

条件(3)は本対物レンズの軸上肉厚に関する条件で、条件(3)の下限値を越えると軸外性能が悪化して、偏心コマ収差が発生し易くなり、加工、

し易くなり、上限値を越えると球面収差が補正過剰となる。

以下、本発明に係る対物レンズの具体的な数値実施例を示す。

数値実施例1～5が下記の表1～表5に示されているが、これらの数値実施例1～5に於ける対物レンズの各面の非球面形状は次式で表わされるものである。

$$X_v = \frac{H_v^2 / R_v}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_v)(H_v/R_v)^2}} + A_{v2}H^2 + A_{v3}H^3 + \dots$$

(v=1, 2)

ここで、 H_v は第 v 面に於ける光軸から高さ、 X_v は第 v 面で高さ H_v に於ける非球面上の点の第 v 面頂点の接平面からの光軸方向への距離、 R_v は第 v 面の頂点近傍の曲率半径、 K_v は第 v 面の非球面の円錐定数、 A_{vi} は第 v 面の非球面の非球面係数を示している。

また、第1図は本発明に係る対物レンズの断面図を示し、数値実施例で表わされる各対物レン

組立時の偏心による性能劣化が著しい。一方、条件(3)の上限値を越えると、肉厚が厚くなり過ぎてレンズ単体の重量が増える為、トラッキングやフォーカシングの駆動に於ける応答性が悪くなり好ましくない。

条件(4)は本対物レンズの媒質の屈折率に関する条件で、条件(4)の下限値を越えると、球面収差が補正過剰となり偏心コマ収差も発生し易くなる。一方、条件(4)の上限値を越えると、レンズのパワーが強くなり十分な作動距離を確保出来なくなる。

次に、条件(5)～(7)は本対物レンズの第1面の有効径の10割、7割、5割に於ける非球面量に関する条件で、各条件の下限値を越えると非点収差が悪化し、上限値を越えると球面収差が補正過剰となる。

更に、条件(8)～(10)は本対物レンズの第2面の有効径の10割、7割、5割に於ける非球面量に関する条件で、各条件の下限値を越えると内向性のコマ収差が発生して偏心非点収差が発生

ズの形状も大略第1図の如き形状を成すものである。

同図に於いて、1は本対物レンズ、2は光ディスク等の透明基板で、厚さ t 、使用波長 $\lambda = 780\text{nm}$ に於ける屈折率 n を有するものである。

ここで示す対物レンズは有限系を成すものであり、不図示の半導体レーザからの発散光は対物レンズ1に図の左方より入射し、対物レンズ1により透明基板2の右側の面上に集光される。

また、同図に示される残りの符号は対物レンズ1のパラメータを示し、 R_1 、 R_2 は対物レンズ1の第1面及び第2面の曲率半径を、 D 、 N は夫々対物レンズ1の軸上肉厚と使用波長 $\lambda = 780\text{nm}$ に於ける屈折率を、 WD は作動距離を示している。

表1～表5にはこれらのパラメータの値と前述の円錐定数 K_1 、 K_2 、非球面係数 A_{11} 、 A_{21} 、条件(5)～(10)の $\Delta_1(10)$ 、 $\Delta_1(7)$ 、 $\Delta_1(5)$ 、 $\Delta_2(10)$ 、 $\Delta_2(7)$ 、 $\Delta_2(5)$ の値、及び対物レンズの焦点距離 F 、開口数 NA 、結像倍率 β が示されている。

表 1

$F = 1$	$NA = 0.45$	$\beta = -0.231$
$R1 = 0.9567$	$D = 1.2856$	$N = 1.74411$
$R2 = -1.4290$	$W.D. = 0.4967$	
	$t = 0.2529$	$n = 1.571$
$K_1 = 3.10935 \times 10^{-1}$	$K_2 = 3.6432$	
$A_{12} = 0$	$A_{22} = 0$	
$A_{13} = -7.27488 \times 10^{-3}$	$A_{23} = -2.01176 \times 10^{-3}$	
$A_{14} = -1.402 \times 10^{-1}$	$A_{24} = 8.79029 \times 10^{-1}$	
$A_{15} = -1.01015 \times 10^{-1}$	$A_{25} = -3.29208 \times 10^{-1}$	
$A_{16} = -3.64758 \times 10^{-2}$	$A_{26} = -1.19928$	
$A_{17} = -1.24618 \times 10^{-1}$	$A_{27} = -1.87572$	
$A_{18} = 4.59282 \times 10^{-2}$	$A_{28} = 8.99009$	
$A_{19} = -1.09295 \times 10^{-1}$	$A_{29} = 5.55959$	
$A_{110} = -3.12126 \times 10^{-1}$	$A_{210} = -2.16161 \times 10^0$	
$\Delta_1(10) = 0.01478$	$\Delta_2(10) = 0.00719$	
$\Delta_1(7) = 0.00313$	$\Delta_2(7) = 0.00202$	
$\Delta_1(5) = 0.00079$	$\Delta_2(5) = 0.00056$	

表 3

$F = 1$	$NA = 0.45$	$\beta = -0.231$
$R1 = 0.9494$	$D = 1.3666$	$N = 1.74411$
$R2 = -1.328$	$W.D. = 0.4562$	
	$t = 0.2523$	$n = 1.571$
$K_1 = 3.98002 \times 10^{-1}$	$K_2 = 4.00380$	
$A_{12} = 0$	$A_{22} = 0$	
$A_{13} = -5.63060 \times 10^{-3}$	$A_{23} = -2.92024 \times 10^{-3}$	
$A_{14} = -1.25265 \times 10^{-1}$	$A_{24} = 1.08391 \times 10^{-1}$	
$A_{15} = -2.46796 \times 10^{-2}$	$A_{25} = -2.09319 \times 10^{-1}$	
$A_{16} = -6.65273 \times 10^{-2}$	$A_{26} = -1.45956$	
$A_{17} = -1.41052 \times 10^{-1}$	$A_{27} = -2.71138$	
$A_{18} = 1.63116 \times 10^{-2}$	$A_{28} = 9.73377$	
$A_{19} = -1.37304 \times 10^{-1}$	$A_{29} = 4.81309$	
$A_{110} = -1.44247 \times 10^{-1}$	$A_{210} = -1.26485 \times 10^0$	
$\Delta_1(10) = 0.01403$	$\Delta_2(10) = 0.00723$	
$\Delta_1(7) = 0.00300$	$\Delta_2(7) = 0.00198$	
$\Delta_1(5) = 0.00076$	$\Delta_2(5) = 0.00053$	

表 2

$F = 1$	$NA = 0.45$	$\beta = -0.231$
$R1 = 0.9530$	$D = 1.2649$	$N = 1.74411$
$R2 = -1.4724$	$W.D. = 0.5072$	
	$t = 0.2530$	$n = 1.571$
$K_1 = 1.86084 \times 10^{-1}$	$K_2 = 5.17537$	
$A_{12} = 0$	$A_{22} = 0$	
$A_{13} = -6.87204 \times 10^{-3}$	$A_{23} = -1.26496 \times 10^{-2}$	
$A_{14} = -1.22139 \times 10^{-1}$	$A_{24} = 8.22648 \times 10^{-1}$	
$A_{15} = -1.29284 \times 10^{-1}$	$A_{25} = -1.77298 \times 10^{-1}$	
$A_{16} = 4.77759 \times 10^{-2}$	$A_{26} = -1.16012$	
$A_{17} = -1.63625 \times 10^{-1}$	$A_{27} = -7.14882 \times 10^{-1}$	
$A_{18} = 9.13671 \times 10^{-2}$	$A_{28} = 6.79508$	
$A_{19} = 8.71005 \times 10^{-2}$	$A_{29} = 3.34200$	
$A_{110} = -3.78030 \times 10^{-1}$	$A_{210} = -1.38973 \times 10^0$	
$\Delta_1(10) = 0.01519$	$\Delta_2(10) = 0.00696$	
$\Delta_1(7) = 0.00322$	$\Delta_2(7) = 0.00194$	
$\Delta_1(5) = 0.00081$	$\Delta_2(5) = 0.00054$	

表 4

$F = 1$	$NA = 0.45$	$\beta = -0.231$
$R1 = 0.9584$	$D = 1.2646$	$N = 1.74411$
$R2 = -1.4543$	$W.D. = 0.5071$	
	$t = 0.2529$	$n = 1.571$
$K_1 = 2.45892 \times 10^{-1}$	$K_2 = 5.27379$	
$A_{12} = 0$	$A_{22} = 0$	
$A_{13} = -5.22294 \times 10^{-3}$	$A_{23} = 7.16580 \times 10^{-3}$	
$A_{14} = -1.29242 \times 10^{-1}$	$A_{24} = 8.11773 \times 10^{-1}$	
$A_{15} = -1.08467 \times 10^{-1}$	$A_{25} = -1.46370 \times 10^{-1}$	
$A_{16} = -2.91084 \times 10^{-2}$	$A_{26} = -1.42768$	
$A_{17} = -1.61575 \times 10^{-1}$	$A_{27} = -4.48752 \times 10^{-1}$	
$A_{18} = 1.71379 \times 10^{-1}$	$A_{28} = 7.87758$	
$A_{19} = -1.07689 \times 10^{-1}$	$A_{29} = 4.13444$	
$A_{110} = -3.45206 \times 10^{-1}$	$A_{210} = -1.79860 \times 10^0$	
$\Delta_1(10) = 0.01490$	$\Delta_2(10) = 0.00728$	
$\Delta_1(7) = 0.00310$	$\Delta_2(7) = 0.00209$	
$\Delta_1(5) = 0.00076$	$\Delta_2(5) = 0.00061$	

表 5

$F = 1$	$NA = 0.47$	$\beta = -0.231$
$R1 = 0.9291$	$D = 1.4094$	$N = 1.74411$
$R2 = -1.3186$	$W.D = 0.5053$	
	$t = 0.2520$	$n = 1.671$
$K_1 = 1.18758 \times 10^{-1}$	$K_2 = 4.19052$	
$A_{12} = 0$	$A_{22} = 0$	
$A_{13} = -2.86135 \times 10^{-3}$	$A_{23} = -9.18319 \times 10^{-3}$	
$A_{14} = -1.42261 \times 10^{-1}$	$A_{24} = 1.10133 \times 10^{-1}$	
$A_{15} = -3.44851 \times 10^{-2}$	$A_{25} = -7.72530 \times 10^{-1}$	
$A_{16} = -6.92061 \times 10^{-1}$	$A_{26} = -1.34737$	
$A_{17} = -1.21169 \times 10^{-1}$	$A_{27} = -3.74912$	
$A_{18} = 1.71790 \times 10^{-1}$	$A_{28} = 9.60533$	
$A_{19} = -1.73809 \times 10^{-1}$	$A_{29} = 4.68506$	
$A_{110} = -2.49651 \times 10^{-1}$	$A_{210} = -7.00789$	
$\Delta_1(10) = 0.01730$	$\Delta_2(10) = 0.00913$	
$\Delta_1(7) = 0.00362$	$\Delta_2(7) = 0.00255$	
$\Delta_1(5) = 0.00090$	$\Delta_2(5) = 0.00071$	

は、本発明の思想の下で種々の形態のレンズとして設計出来るものである。

〔発明の効果〕

以上、本発明によれば、レンズ加工時や組立時に生ずる各面間の偏心やレンズ単体の偏心に対する感度を小さく抑え、常時極めて良好に収差補正効果を享受出来る両面非球面の対物レンズを提供出来る。

特に、本発明の対物レンズは、上記効果を有することから実用的なレンズ系と成り得、有限系として用いる場合に非常に好適である。

又、有限系として用いた場合でも、大口徑で且つ軸上及び軸外の収差補正を良好に行った対物レンズとすることが出来、光ディスク等の対物レンズとして極めて有用である。従って、光学的情報記録／再生装置の光学系の小型化を図る上で、本対物レンズのこの種の光学系への適用が好ましい。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係る対物レンズの断面図。

第2図乃至第6図は上記数値実施例で示した対物レンズを有限系として使用した際の収差図である。

ここでは、球面収差と非点収差と歪曲収差とを示しており、第2図乃至第6図に於いて、Mはメリジオナル方向、Sはサジタル方向を示す収差曲線である。

又、第2図乃至第6図は順次表1乃至表5に示される実施例に対応している。

第2図乃至第6図の収差図から明らかな様に、本実施例によれば、単一の非球面对物レンズで有限系を構成し、しかも $NA = 0.45$ という大口徑の光学系であるにも係わらず、軸上及び軸外の収差が良好に補正され、光ディスクの対物レンズとして有用なレンズとなった。

その上、前述の各条件を適宜満たす如く設計されている為、レンズ加工時及び組立時に生ずる偏心に対する感度が小さく、極めて実用的なレンズとなっている。

以上示した実施例は本発明の一例を示したのみに過ぎず、前述の条件を満たす両面非球面レンズ

第2図は表1の実施例の対物レンズの諸収差を示す収差図。

第3図は表2の実施例の対物レンズの諸収差を示す収差図。

第4図は表3の実施例の対物レンズの諸収差を示す収差図。

第5図は表4の実施例の対物レンズの諸収差を示す収差図。

第6図は表5の実施例の対物レンズの諸収差を示す収差図。

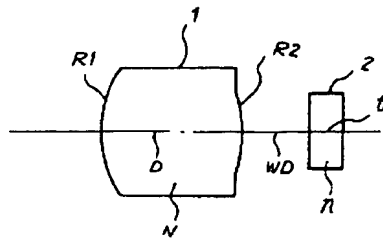
- 1..... 本対物レンズ
- 2..... 光ディスク等の透明基板
- M..... メリジオナル方向の収差曲線
- S..... サジタル方向の収差曲線

出願人 キヤノン株式会社

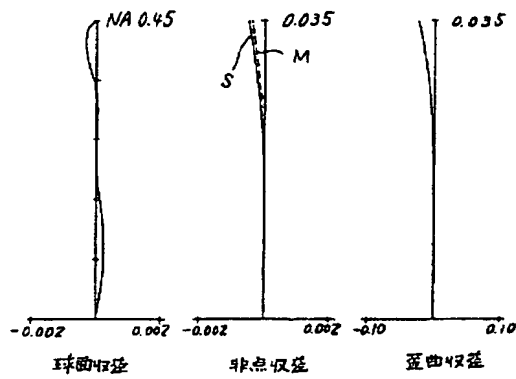
代理人 丸 島 徹



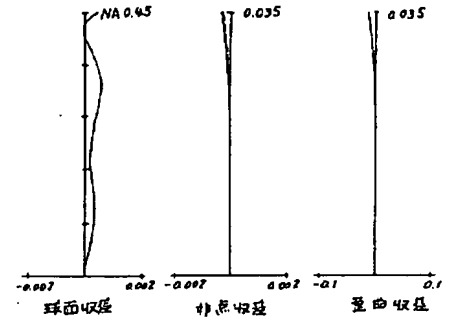
第1図



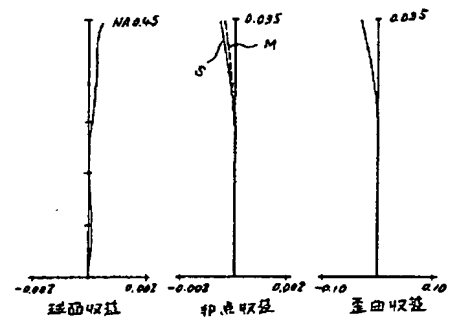
第2図



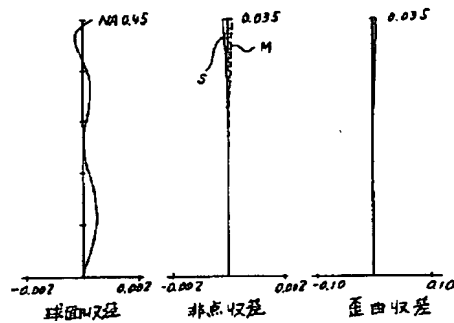
第3図



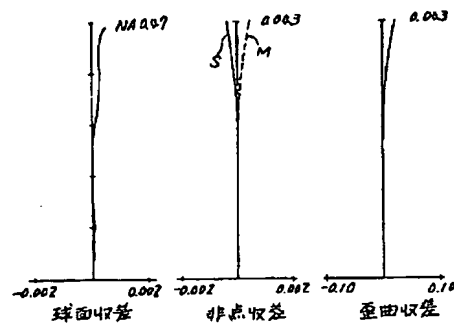
第4図



第5図



第6図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.